

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-209540

(43)Date of publication of application : 07.08.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/10

(21)Application number : 09-010152

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 23.01.1997

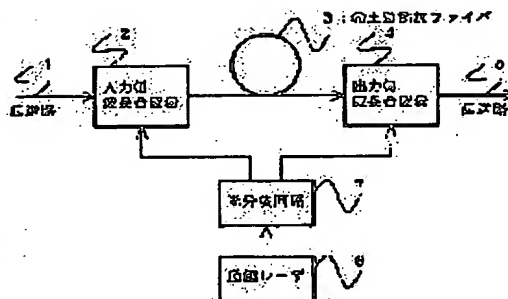
(72)Inventor : TOYOHARA ATSUSHI

## (54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To achieve low cost and low power consumption.

SOLUTION: In an optical fiber amplifier for directly amplifying an optical signal passing through a rare-earth doped fiber 3 from one end to the other end thereof by supplying excitation laser light to an input-side wavelength multiplexer 2 and to an output-side wavelength multiplexer 4 connected to both ends of the rare-earth doped fiber 3 respectively, an optical branching circuit 7 is provided to receive the excitation laser light output from an excitation laser 6 and branch and supply it to the input-side wavelength multiplexer 2 and to the output-side wavelength multiplexer 4 respectively, and this optical branching circuit 7 is an optical switch, etc., and adjusts the excitation power ratio of forward excitation and backward excitation respectively. As a result, only one excitation laser 6 will be sufficient to both excitations and excessive circuits can be omitted.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.01.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.10.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-209540

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 1 S 3/10

識別記号

F I

H 0 1 S 3/10

Z

審査請求 有 請求項の数10 OL (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-10152

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月23日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 豊原 篤志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

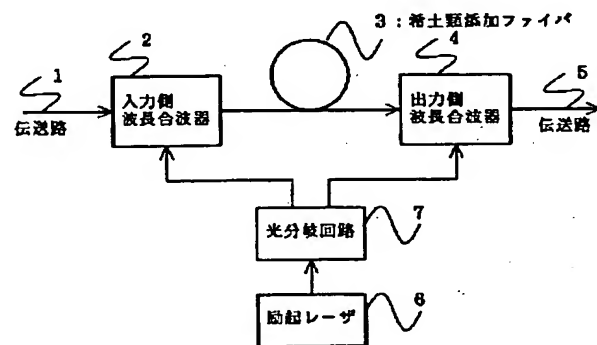
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【課題】 低価格化および低消費電力化を図ること。

【解決手段】 希土類添加ファイバ3の両端に接続する入力側波長合波器2および出力側波長合波器4それぞれに励起レーザ光を供給して希土類添加ファイバ3の一方から他方へ通過する光信号を直接増幅する光ファイバ増幅器において、励起レーザ6が出力する励起レーザ光を受けて分岐し、希土類添加ファイバ3の入力側波長合波器2および出力側波長合波器4それぞれに供給する光分岐回路7を備え、この光分岐回路7は、光スイッチなどであり、前方励起および後方励起それぞれの励起パワー出力比率を調整している。この結果、励起レーザ6が双方励起に対して一つで済むうえ、余分な制御回路を省くことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 希土類添加ファイバの両端に接続する波長合波器それぞれに励起レーザ光を供給して一方の波長合波器へ入力し他方の波長合波器から出力する光信号を直接増幅する光ファイバ増幅器において、励起レーザ光を出力する一つの励起レーザと、この励起レーザから入力した前記励起レーザ光を分岐して入力側の前記波長合波器および出力側の前記波長合波器それぞれへ供給する光分岐回路とを備えることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項2】 請求項1において、光分岐回路が、音響光学効果を利用した光スイッチにより構成されることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項3】 請求項1において、光分岐回路が、電気光学効果を利用した導波路型光スイッチにより構成されることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項4】 請求項1において、光分岐回路が、ファイバ融着型の光スイッチにより構成されることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項5】 請求項1において、光分岐回路が、誘電体膜を使用した光分岐カプラにより構成されることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項6】 請求項1において、光分岐回路が、金属膜を使用した光分岐カプラにより構成されることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項7】 請求項1において、希土類添加ファイバに添加される材料がエルビウム（Er）であることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項8】 請求項1において、希土類添加ファイバに添加される材料がプラセジウム（Pr）であることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項9】 請求項1において、励起レーザ光を送出する励起レーザが半導体レーザであることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項10】 請求項1において、励起レーザ光を送出する励起レーザが固体レーザであることを特徴とする光ファイバ増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、希土類添加ファイバの両端に接続する波長合波器それぞれに励起レーザ光を供給して一方の波長合波器へ入力し他方の波長合波器から出力する光信号を直接増幅する光ファイバ増幅器に関し、特に、低価格化および低消費電力化を図ることができる光ファイバ増幅器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 通常、光ファイバ増幅器では、希土類をコア部分に添加された光ファイバを、波長帯が0.98  $\mu\text{m}$  帯または1.48  $\mu\text{m}$  帯の励起レーザ光で励起し、この状態で1.55  $\mu\text{m}$  帯の光信号を入力した場合、

1.55  $\mu\text{m}$  帯の増幅された光信号が得られる。

【0003】 励起方法としては、希土類添加光ファイバの入力側から光信号と同じ方向に励起光を入力する前方励起、希土類添加光ファイバの出力に対向させて励起光を入力する後方励起、または両方向から励起する双方向励起がある。

【0004】 一般に、前方励起は雑音指数を下げる事ができる一方、後方励起は高出力を得ることが容易であるという特徴がある。また、双方向励起はこれら両方の特徴を併せ持っている。実際の光ファイバ増幅器の設計においては、これらの仕様を満たすように、前方および後方の両方で励起してパワーの最適化を図られる。

【0005】 従来、この種の光ファイバ増幅器では、図2に示されるような双方向励起が使用されており、この技術が、例えば、特許第2504371号公報に記載されている。

【0006】 この特許公報に記載された回路では、前方励起および後方励起のうちの優れた一方に切替えることができることを目的として、図2に示されるように、希土類添加ファイバ3の入力側および出力側で励起している。

【0007】 希土類添加ファイバ3の入力側では、光分岐器71が伝送路から入力する光信号を波長合波器2と入力光強度検出回路81とに分波し、次いで波長合波器2が光分岐器71から入力する光信号を励起レーザ61から受ける励起レーザ光により励起して希土類添加ファイバ3へ出力する。

【0008】 他方、出力側では、波長合波器4が希土類添加ファイバ3から受ける光信号を励起レーザ62から受ける励起レーザ光により増幅し光分岐器72を介して伝送路へ出力し、光分岐器72が入力した光信号を入力光強度検出回路82へ分岐出力する。

【0009】 希土類添加ファイバ3の入力側および出力側それぞれの励起レーザ61、62および入力光強度検出回路81、82は制御回路10に接続され、制御回路10が、入力光強度検出回路81、82それぞれの検出情報に基づいて励起レーザ61、62それぞれを最適に調整制御する。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の光ファイバ増幅器では、コストが高く、かつ消費電力が大きいという問題点がある。

【0011】 その理由は、双方向励起に対して前方励起および後方励起それぞれに励起レーザを備えているからであり、加えて、励起レーザの発光波長または出力パワーの動作を安定にするために必要な温度調整回路も励起レーザの数に対して使用するためである。

【0012】 本発明の課題は、上記問題点を解決し、低価格化および低消費電力化を図ることができる光ファイバ増幅器を提供することである。

10

20

30

50

## 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明による光ファイバ増幅器は、希土類添加ファイバの両端に接続する波長合波器それぞれに励起レーザ光を供給して一方の波長合波器へ入力し他方の波長合波器から出力する光信号を直接増幅する光ファイバ増幅器において、励起レーザ光を出力する一つの励起レーザと、この励起レーザから入力した前記励起レーザ光を分岐して入力側の前記波長合波器および出力側の前記波長合波器それぞれへ供給する光分岐回路とを備えている。

【0014】この構成により、高価な励起レーザおよびその周辺回路が一つで済む。

【0015】また、上記光分岐回路は、光スイッチなどであり、前方励起および後方励起それぞれの励起パワー出力比率を調整している。

## 【0016】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0017】図1は本発明の実施の一形態を示す機能ブロック図である。図1に示された光ファイバ増幅器では、伝送路1から入力する光信号は、入力側波長合波器2、希土類添加ファイバ3、および出力側波長合波器4を介して伝送路5へ出力されている。

【0018】本発明による光ファイバ増幅器は、光信号を伝送するパスに備えられる構成要素に加え、励起用のレーザダイオードを発振し励起レーザ光を光分岐回路7へ出力する励起レーザ6と、励起レーザ6から受ける励起レーザ光を入力側波長合波器2および出力側波長合波器4へ出力する光分岐回路7とを備えている。

【0019】図2に示される従来の構成と相違する点は、入力側および出力側それぞれの励起レーザ、光分岐器、および入力光強度検出回路の代わりに、入力側および出力側に共通に励起レーザ6および光分岐回路7を備えることである。

【0020】希土類添加ファイバ3には、添加材料として、例えば、エルビウム(Er)ドープファイバ(以後、EDFと略称する)、またはプラセジウム(Pr)ドープファイバが使用される。

【0021】励起レーザ6には、例えば、半導体レーザまたは固体レーザが使用される。

【0022】光分岐回路7は、励起レーザ6から励起レーザ光を受けて二つに分岐し、分岐した励起レーザ光それぞれを所定のレベルに調整したうえ、入力側波長合波器2および出力側波長合波器4それぞれへ出力するものとする。

【0023】光分岐回路7には、音響光学効果を利用した光スイッチ、電気光学効果を利用した導波路型光スイッチ、などがある。

【0024】音響光学効果を利用した光スイッチは、励起レーザの波長スペクトラムのほぼ中心で回折効率が最

大になるように変調周波数を合せる。この回折効率は光スイッチに入力する変調電力Pにより調整できる。

【0025】ここで、光スイッチに入力する光パワーを入力光Pin、回折された光のパワーを1次光P1、回折されずに透過する光のパワーを0次光P0、また光スイッチが挿入損失Lsを有するとした場合(上記記号の数値は全て真数)、変調電力Pの関数である0次光P0

(P)と1次光P1(P)との和は、入力光Pinと挿入損失Lsとの積にほぼ等しいという関係がある。この関係により、入力光Pinと挿入損失Lsとの積は一定であるので、例えば、1次光P1を増加させた場合には0次光P0は減少する。

【0026】従って、光ファイバ増幅器から出力する増幅された光信号のパワーは、EDFの変換効率、並びに入力側および出力側それぞれの波長合波器の挿入損失から求められるので、入力光Pinはその範囲内で設定され、0次光P0と1次光P1とが分配される。

【0027】また、音響光学効果を利用した光フィルタは、励起レーザの波長スペクトラムの中心波長から意図的に短波長側または長波長側にずらした波長に対し回折効率が最大になるように変調周波数を合せる。この結果、1次光P1からは、所望の波長を主とした出力パワーが得られる。従って、0次光P0と1次光P1とで波長を変えることが可能となる。更に、この光フィルタでも、上述した光スイッチと同様、変調電力により0次光P0と1次光P1とを調整することができる。

【0028】一方、導波路型光スイッチは、例えば強誘電体材料のニオブ酸リチウム、ニオブ酸タンタレートなどにチタンを熱拡散した光導波路上に、二酸化シリコンなどのバッファ層を介し、チタン、クロム、金などからなる電極を配置して形成される。導波路構成については、方向性結合型が一般的である。また、電極に印加する電圧を調整することにより、出力される光パワーが調整できる。

【0029】また、導波路型光スイッチに印加する電圧V、導波路型光スイッチに入力する光パワーPin、方向性結合部分により分岐される一方の光パワーP0、他方の光パワーP1、更に光スイッチの挿入損失Lsとした場合、光パワーP0(V)と光パワーP1(V)との和は、光パワーPinと挿入損失Lsとの積にほぼ等しいという関係にある。

【0030】上述した音響光学効果を利用した光スイッチでは低挿入損失が実現できると共に偏光依存性が小さいというメリットがある。一方、導波路型光スイッチでは電圧制御のため制御回路が簡単になるというメリットがある。

【0031】また、予め最適な光パワーP0と光パワーP1とが求められている場合、光分岐回路としてファイバ融着型の光分岐カプラ、または誘電体膜若しくはハーブミラーなどを使用したレンズ系光分岐カプラを使用す

ることもできる。

【0032】その他の構成要素は従来の構成要素と同一の機能を有しているものとする。

【0033】

【実施例】次に、上記実施の形態において構成要素を特定した場合について、図1を参照して説明する。

【0034】一端を入力側波長合波器2、他端を出力側波長合波器4により接続される希土類添加ファイバ3は、エルビウムをコア部分に添加したEDFとし、励起レーザ6は半導体を使用した1.48 $\mu$ m帯の波長帯を有する励起レーザ光を出力し光分岐回路7の入力ポートに接続した。光分岐回路7は、モリブデン酸鉛を変調触媒とする音響光学効果を利用した光スイッチを使用した。

【0035】この構成により、1.550nmの信号の入力“-10dBm”において出力“+10dBm”および雑音指数“7dB”を得る場合、EDFの変換効率50%および光スイッチの挿入損失4dBにおいて励起レーザ出力は約50mWを必要とする。

【0036】この条件で、光スイッチの分岐比を連続的に可変して、前方励起20mWおよび後方励起30mWで目標値を実現することが確認できた。

【0037】この実施例により、コストは従来比30%の低下となり、かつ消費電力も約50%に削減できた。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、入力側および出力側に共通に励起レーザおよび光分岐回路を備え、光分岐回路は、光スイッチなどであり、前方励起および後方励起それぞれの励起パワー出力比率を調整する光ファイバ増幅器が得られる。

【0039】この構成によって、双方向励起を一つの励起レーザで実現することができるため、低コスト化および低消費電力化を可能とする効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

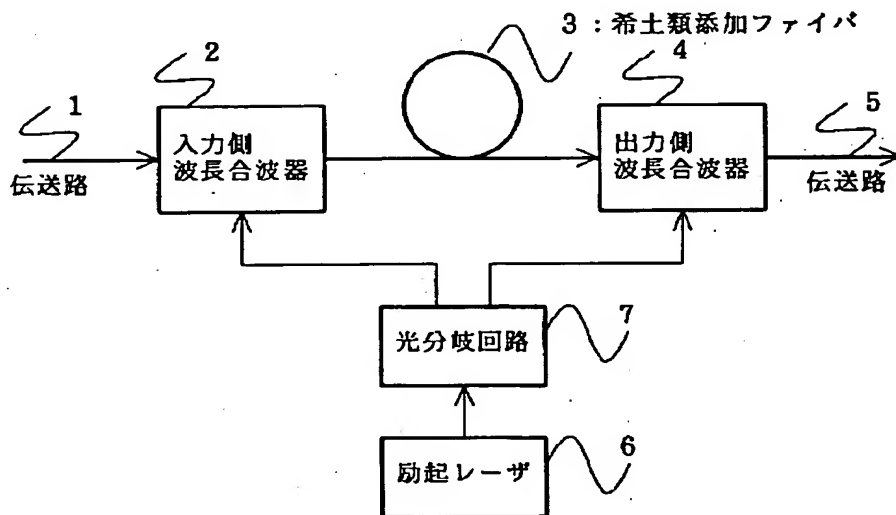
【図1】本発明の実施の一形態を示す機能ブロック図である。

【図2】従来の一例を示す機能ブロック図である。

【符号の説明】

- 1, 5 伝送路
- 2 入力側波長合波器
- 3 希土類添加ファイバ
- 4 出力側波長合波器
- 6 励起レーザ
- 7 光分岐回路

【図1】



【図2】

